

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

#4 | Priority  
Paper  
7-17-01  
R Stoker  
520.39440X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s) : UTO, ET AL.

Serial No. :

Filed: January 19, 2001

Title: ULTRAVIOLET LASER-GENERATION DEVICE AND  
DEFECT INSPECTION APPARATUS AND METHOD  
THEREFOR



LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

January 19, 2001

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No. (s) 2000-038124 filed February 9, 2000.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus  
Registration No. 22,466

MK/mdt  
Attachment  
(703) 312-6600

JC986 U.S. PTO  
09/764457  
01/99/01



日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日

Date of Application: 2000年 2月 9日

出願番号

Application Number: 特願2000-038124

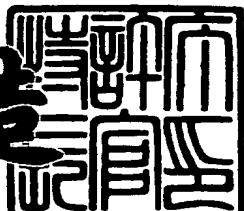
出願人

Applicant(s): 株式会社日立製作所

2000年12月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3098553

【書類名】 特許願

【整理番号】 PNT990925

【提出日】 平成12年 2月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 宇都 幸雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 吉田 実

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 中田 俊彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 前田 俊二

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 紫外レーザ光発生装置並びに欠陥検査装置およびその方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、  
該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通常高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に備え、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通常高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通常高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに該容器内に不活性ガスを充満させて清浄化する清浄化手段を備えた波長変換装置とを備えて構成したことを特徴とする紫外レーザ光発生装置。

【請求項2】

前記波長変換装置の清浄化手段は、容器内の気体を排氣する排氣手段と、容器内に不活性ガスを供給する供給手段とを容器に接続して構成することを特徴とする請求項1記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項3】

前記波長変換装置の清浄化手段は、容器内を浮遊している汚染物を容器内の壁面に固定する粘着材を含むことを特徴とする請求項1記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項4】

前記波長変換装置の容器を二重若しくは三重の構造で構成し、各々の容器の間に不活性ガスを満たす間隙を有することを特徴とする請求項1記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項5】

レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、  
該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通常高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状

態の容器に設け、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通常高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通常高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに前記容器内の汚染状態を光学的に検知する光学的検知手段を備えた波長変換装置とを備えて構成したことを特徴とする紫外レーザ光発生装置。

#### 【請求項6】

前記光学的検知手段は、複数の光電変換手段を容器内に設置して構成したことを特徴とする請求項5記載の紫外レーザ光発生装置。

#### 【請求項7】

さらに前記波長変換装置から出射される紫外レーザ光の出力強度を検出する検出手段を有することを特徴とする請求項5記載の紫外レーザ光発生装置。

#### 【請求項8】

レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、  
該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通常高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に備え、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通常高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通常高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに該容器内に不活性ガスを充満させて清浄化する清浄化手段と前記容器内の汚染状態を光学的に検知する光学的検知手段とを備えた波長変換装置とを備えて構成したことを特徴とする紫外レーザ光発生装置。

#### 【請求項9】

前記レーザ励起光源は、NdのYAGレーザ光の2倍波光を出射する光源で構成することを特徴とする請求項1～8の何れかに記載の紫外レーザ光発生装置。

#### 【請求項10】

請求項1～8の何れかに記載の紫外レーザ光発生装置と、

該紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明す

る照明光学系と、

該照明光学系によって照明された被検査対象物からの反射光を集光する検出光学系と、

該検出光学系で集光される反射光を受光して信号に変換する光電変換器と、

該光電変換器から得られる信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検出回路とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項11】

前記照明光学系として、コヒーレンス低減光学系を有することを特徴とする請求項10記載の欠陥検査装置。

【請求項12】

前記照明光学系および検出光学系には、偏光ビームスプリッタおよび偏向素子群を有することを特徴とする請求項10記載の欠陥検査装置。

【請求項13】

請求項1～8の何れかに記載の紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明し、この照明された被検査対象物からの反射光を集光し、この集光される反射光を光電変換器で受光して信号に変換し、この変換された信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体デバイス製造やフラットパネルディスプレイの製造に代表される微細パターン欠陥及び異物等の検査や観察に用いられる紫外レーザ光を発生させる紫外レーザ光発生装置並びに高解像度検出が可能な欠陥検査装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、半導体の高集積化に伴い、回路パターンは益々微細化の傾向にある。この中で半導体素子をホトリソ工程で製造する際に用いられるマスクやレチカル

、これらに形成された回路パターンが露光によって転写されるウェハ上のパターン欠陥は益々高解像度での検出が要求されている。解像度を高める手法として、照明光の波長を可視光から紫外光へ短波長化することが挙げられる。従来、光源としては水銀ランプが用いられ、水銀ランプの持つ種々の輝線の中から必要とする波長のみを光学的に選択して使っていた。

しかしながら、水銀ランプの輝線では、発光スペクトル幅が広く光学系の色収差を補正するのが困難であること、十分な照度を得るためにには光源が大形になり、効率が悪いなどの課題がある。近年、半導体製造における露光装置用光源として、波長248nmのKrFエキシマレーザ装置を搭載した露光装置が開発されているが、エキシマレーザ光源は大形であり、またフッ素ガスを使用しているため所定の安全対策が必要などの課題がある。このため、他の紫外レーザ光源として、固体のYAGレーザ光を非線形光学結晶により波長変換し、YAGレーザ光の第3高調波（355nm）、あるいは第4高調波（266nm）を得ている。

#### 【0003】

このようにUVレーザ光を得るための波長変換装置が、特開平8-6082号公報（従来技術1）、特開平7-15061号公報（従来技術2）、特開平11-64902号公報（従来技術3）、および特開平11-87814号公報（従来技術4）において知られている。

従来技術1には、基本波長の光を射出する光射出手段の射出側に配設され、内部を通過する光の光路長を共振長として該共振長に応じた共振周波数を有しあつ内部で該光を反射するための複数の反射手段を備えた共振手段と、該共振手段の内部を通過する光の光路上に配設され、光学的異方性を有しあつ入射された光と該光とは波長が異なる少なくとも1つの変換波長の光とを射出する非線形光学材料と、前記基本波長の光に前記共振手段の共振周波数が同調するように前記非線形光学材料へ電界を付与する電界付与手段とを備えたUVレーザ光を発生させる波長変換装置が記載されている。

#### 【0004】

また、従来技術2には、レーザ光を供給する光源と、該光源から発生したレーザ光を共振させる光共振器と、該光共振器内に配置され、レーザ光の波長を該波

長より短い波長の光波に変換する非線形光学材料と、前記光共振器から出射したレーザ光を再び光共振器に通して前記光源に戻す光学系とを備えたレーザ光波長変換装置において、前記光共振器、前記非線形光学材料、および前記光学系を真空槽内に配置したことが記載されている。

また、従来技術3には、外部共振型の波長変換装置において、波長変換素子（例えば非線形光学結晶）とレーザ光分離光学部材（例えば、波長選択性を有するミラー）との間の空間に、光学的に透明な物質を設け、または空気や不活性ガス等で満たし、または実質的に真空状態にし、前記波長変換素子とレーザ光分離光学部材との間を外部から遮断することによって、粉塵やガス成分が前記波長変換素子のレーザ光出射面や前記レーザ光分離光学部材の受光面などに付着、析出するのを防ぐことが記載されている。

また、従来技術4には、レーザ共振器の使用前に、レーザ共振器を構成するミラーや非線形結晶の構成部品に付着している油分等の汚染物質を、実質上除去してレーザ共振器の寿命を延ばすことが記載されている。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、波長変換装置において、光共振器内部に設置している全てのミラー等の光学部材や非線形光学結晶の表面が紫外光で照射された時と光共振器内の残留浮遊物に紫外光が照射された時に発生する僅かな反応ガスが、後々光共振器内の全てのミラー等の光学部材や非線形光学結晶の表面に付着し、透過率低下等の不具合をまねく課題があった。

この課題を解決できるように、上記従来技術2では、光共振器、非線形光学材料、および光学系を真空槽内に配置している。しかしながら、従来技術2では、光共振器、非線形光学材料、および光学系を真空槽内に配置しているため、光共振器、非線形光学材料、および光学系が汚染されるのを防止することが可能であるが、真空槽に対して大気圧が加わっても、光共振器、非線形光学材料、および光学系に内部応力に基づく変形が生じないように真空槽を強固なものにすると共にシール構造も確実なものにする必要があり、その結果シール構造も含めて真空槽の構造が複雑になってしまいうといふ課題を有していた。さらに、従来技術2で

は、特開平7-15061号公報に記載されているように、非線形光学結晶を昇温制御する必要があり、そのため、真空槽内に熱が籠ることになり、他のミラー等の光学部材に影響を及ぼすことになるという課題を有することになる。

#### 【0006】

また、上記従来技術3では、波長変換素子とレーザ光分離光学部材との間を外部から遮断することによって、粉塵やガス成分が前記波長変換素子のレーザ光出射面や前記レーザ光分離光学部材の受光面などに付着、析出するのを防ぐことについては考慮されているが、非線形光学結晶も含めて光共振器全体に対する汚染物の付着防止については考慮されていない。

以上説明したように、従来技術1~4のいずれにも、非線形光学素子（非線形光学結晶）の昇温制御に大きく影響を受けることなく、構造を簡単にして非線形光学結晶を含めて光共振器全体に対する汚染物の付着防止については考慮されていない。

#### 【0007】

本発明の目的は、上記課題を解決すべく、波長変換装置において、非線形光学素子から発生する熱に大きく影響を受けることなく、構造を簡単にして非線形光学素子を含めて光共振器全体に対する汚染物の付着を防止して入射されたレーザ光を効率よく波長変換し、紫外レーザ光の出力強度を低下させることなく、長寿命化を図った紫外レーザ光発生装置を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、波長変換装置において紫外レーザ光の出力強度の低下が生じた場合に、その要因を容易に究明してメンテナンスを行いやすくした紫外レーザ光発生装置を提供することにある。

また、本発明のさらに他の目的は、紫外レーザ光による安定した強度の照明によって半導体ウェハ等の被検査対象物上に形成された微細被検査パターンを高解像度に検出して微細被検査パターン上の欠陥を検査できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、紫外レーザ光を発生する波長変換装置

において、光共振器内部での紫外光照射による残留有機物との化学反応ガスの発生ポテンシャルを抑制することに着目し、光共振器内部で残留有機物が浮遊しない構造とした。具体的には、光共振器および非線形光学素子を容器内に設置することにより密閉構造とし、外部からの有機物進入を防止した状態で容器内を不活性ガスで置換して酸化しにくい環境にすると共に非線形光学素子の恒温制御に基づく熱の籠もりを防止して他の光学部材への熱の影響を防止することにある。

#### 【0009】

即ち、本発明は、レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通常高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に備え、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通常高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通常高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに該容器内に不活性ガスを充満させて清浄化する清浄化手段を備えた波長変換装置とを備えて構成した紫外レーザ光発生装置である。

#### 【0010】

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、波長変換装置の清浄化手段は、容器内の気体を排氣する排氣手段と、容器内に不活性ガスを供給する供給手段とを容器に接続して構成することを特徴とする。

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、波長変換装置の清浄化手段は、容器内を浮遊している汚染物を容器内の壁面に固定する粘着材を含むことを特徴とする。

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、波長変換装置の容器を二重若しくは三重の構造で構成し、各々の容器の間に不活性ガスを満たす間隙を有することを特徴とする。

#### 【0011】

また、本発明は、レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光

の通倍高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に設け、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通倍高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通倍高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに前記容器内の汚染状態を光学的に検知する光学的検知手段を備えた波長変換装置とを備えて構成した紫外レーザ光発生装置である。

#### 【0012】

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、光学的検知手段は、複数の光電変換手段を容器内に設置して構成したことを特徴とする。

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、さらに前記波長変換装置から出射される紫外レーザ光の出力強度を検出する検出手段を有することを特徴とする。

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、レーザ励起光源は、 $N_d$  の YAG レーザ光の 2 倍波光を出射する光源で構成することを特徴とする。

#### 【0013】

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置と、該紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明する照明光学系と、該照明光学系によって照明された被検査対象物からの反射光を集光する検出光学系と、該検出光学系で集光される反射光を受光して信号に変換する光電変換器と、該光電変換器から得られる信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検出回路とを備えた欠陥検査装置である。

また、本発明は、前記欠陥検査装置において、照明光学系として、コヒーレンス低減光学系を有することを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置において、照明光学系および検出光学系には、偏光ビームスプリッタおよび偏向素子群を有することを特徴とする。

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明し、この照明された被検査対象物からの反射光を集光し、この集光される反射光を光電変換器で受光して信号に変換し、この変換された信号に

基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検査方法である。

### 【0014】

#### 【発明の実施の形態】

本発明に係る高解像度光学系並びに欠陥検査装置およびその方法の実施の形態について図1～図10を用いて説明する。

図1は、本発明に係わる欠陥検査装置の一実施例を示す図である。本発明ではDUV領域で高輝度の照明を行うために、DUVレーザ光を出射する紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）3としている。ステージ2はX, Y, Z, θ方向の自由度を有し、試料1として、被検査パターンが形成された一例である半導体ウェハ（被検査対象物）が載置される。紫外レーザ光光源3から発せられた紫外レーザ光（DUVレーザ光）L2は、ビームエキスパンダ6、コヒーレンス低減光学系7、レンズ8、偏光ビームスプリッタ9、および偏光素子群10を介して対物レンズ11に入射し、被検査パターンが形成された被検査対象物（例えば半導体ウェハ）1上に照射される。ビームエキスパンダ6は、紫外レーザ光をある大きさに拡大するものであり、レンズ8によって対物レンズ11の瞳付近11aに集光された後、試料1に照射されるいわゆるケーラー照明になっている。

### 【0015】

試料1からの反射光は、試料1の垂直上方より対物レンズ11、偏光素子群10、偏光ビームスプリッタ9、結像レンズ12を介してイメージセンサ13で検出される。イメージセンサ13としては、DUV光を検出できる必要があり、TDIイメージセンサで構成することができる。偏光ビームスプリッタ9は、レーザ光の偏光方向が反射面と平行な場合は反射し、垂直な場合は透過する作用をもつ。紫外レーザ光光源3としている紫外レーザ光は、もともと偏光レーザであり、偏光ビームスプリッタ9はコヒーレンス低減光学系7から出射された紫外レーザ光L2が全反射するように設置されている。プロセスによりウェハなどのように被検査対象物1上に形成された被検査パターンは、様々な形状を呈しているため、パターンからの反射光は、様々な偏光方向を持つようになる。偏光素子群10は、レーザ照明光及び反射光の偏光方向を制御して、パターンの形状、密度差による反射光がイメージセンサ13へ明るさむらとなって到達しないように調整

する機能を有し、例えば照明波長の位相を45度、ないし90度変化させるための波長板が組み込まれている。そのため、偏光素子群10から被検査対象物1に対して照明される光は、例えば円偏光された照明光となり、被検査対象物1から反射してくる光の全ては偏光素子群10により反射面に対して垂直となり、偏光ビームスプリッタ9を透過することになる。

#### 【0016】

そして、イメージセンサ13は、被検査対象物1上に形成された被検査パターンからの反射光の明るさ（濃淡）に応じた濃淡画像信号を出力するものとなる。

すなわち、ステージ2を走査して被検査対象物1を等速度で移動させつつ、イメージセンサ13により被検査対象物1上に形成された被検査パターンの明るさ情報（濃淡画像信号）を検出する。そして、イメージセンサ13から得られる濃淡画像信号13aは、信号処理回路60に入力されて被検査対象物上の異物等も含めて欠陥検査が行われる。信号処理回路60は、A/D変換器14、階調変換器15、遅延メモリ16、比較器17、およびCPU19等から構成される。なお、A/D変換器14は、イメージセンサ13から得られる濃淡画像信号13aをデジタル画像信号に変換する。

#### 【0017】

焦点検出光学系23は、ステージ2のZ方向の変位を検出する。そして、焦点検出回路24は、焦点検出光学系23によって検出されるステージ2のZ方向の変位を処理し、この処理に応じた駆動回路25からの駆動制御指令に基いて、例えばステージ2のZ方向の変位を駆動制御することによって、イメージセンサ13は、被検査対象物1上に形成された被検査パターンに対して合焦点状態でそのパターンの明るさ情報を高精度で検出することになる。

階調変換器15は、例えば8ビットの階調変換器で構成され、A/D変換器14から出力されるデジタル画像信号に対して特開平8-320294号公報に記載されたような階調変換を施すものである。即ち、階調変換器15は、対数、指数、多項式変換等を施し、プロセスで半導体ウェハ等の被検査対象物1上に形成された薄膜と、レーザ光が干渉して生じた画像の明るさむらを補正するものである。

## 【0018】

遅延メモリ16は、階調変換器15からの出力画像信号をイメージセンサ13の走査幅でもって、半導体ウェハ等の被検査対象物1を構成する1セル又は1チップ又は1ショット分記憶して遅延させるものである。

比較器17は、階調変換器15から出力される画像信号と、遅延メモリ16から得られる画像信号とを比較し、不一致部を欠陥として検出するものである。即ち、比較器17は、遅延メモリ16から出力されるセルピッチ等に相当する量だけ遅延した画像と検出した画像とを比較するものである。従って、CPU19は、キーボード、記録媒体、ネットワーク等から構成された入力手段18を用いて設計情報に基づいて得られる半導体ウェハ等の被検査対象物1上における配列データ等の座標を入力しておくことにより、この入力された半導体ウェハ1上における配列データ等の座標に基いて、比較器17による比較検査結果を基に、欠陥検査データを作成して記憶装置20に格納する。この欠陥検査データは、必要に応じてディスプレイ等の表示手段21に表示することもでき、また出力手段22に出力して、例えば他のレビュー装置等で欠陥箇所の観察も可能である。

## 【0019】

なお、比較器17の詳細は、特開昭61-212708号公報に示したもの等でよく、例えば画像の位置合わせ回路や、位置合わせされた画像の差画像検出回路、差画像を2値化する不一致検出回路、2値化された出力より面積や長さ、座標等を抽出する特徴抽出回路から構成されている。

## 【0020】

次に、紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）3の実施例について説明する。高解像を得るために波長の短い光を使うことが必要である。従来は水銀キセノン等の放電ランプを用い、ランプの持つ発光スペクトル（輝線）のうち、可視域を広範囲に使っていたが、これらの光強度に比べ、紫外、深紫外領域での輝線は数パーセントである。このような観点から、本発明では紫外レーザ光（DUV光）を光源3としている。

紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）3は、図2に示すように、例えば、波長532nmのレーザ基本波光を発光して出射する固体レーザ装置（レーザ励

起光源) 4 と波長変換装置 5 からなる。固体レーザ装置 4 は、例えば発振波長が 1064 nm の Nd : YAG レーザ光を非線形光学結晶に通して 2 倍波とし、波長 532 nm のレーザ光を一定の強度で出力されるように制御されて出射するものである。即ち、Nd : YAG レーザ光の 2 倍波を出力する固体レーザ装置 4 は、モニタされた出力に応じてレーザ電源の電流を制御することにより、一定の強度を持つレーザ光 L1 の出力が出射されるように構成される。そして、固体レーザ装置 4 から出射された波長 532 nm のレーザ光 L1 は、単一モード発振であり、波長変換装置 5 に入射される。

### 【0021】

次に、本発明の要素となる波長変換装置 5 について説明する。図 2 は、図 1において、紫外レーザ光源 3 を Z 方向から見たものであり、波長変換装置 5 の概略構造（断面）を示すものである。波長変換装置 5 の容器内部には、ミラー M1～M4 が配置されており、固体レーザ装置 4 から出射して容器 41、45 に設けられた入射口 39 の透明窓 35 から入射したレーザ光 L1 は、ミラー M1 を通過しミラー M2 に到達する。ミラー M2 は入射光の一部を透過し、残りを反射する。ミラー M2 で反射されたレーザ光はミラー M3 に至る。ミラー M3 とミラー M4 の光路中には非線形光学結晶 30 が配置されており、ミラー M3 で全反射されたレーザ光は、非線形光学結晶 30 を通過してミラー M4 に到達する。そして、これらミラー M1～M4 からなる高反射率を有する光学部材によって光共振器が構成される。更に、非線形光学結晶 30 は、光学的に計算された適切な位置に配置されているので、この結晶 30 により、入射光は、波長が 266 nm の第 2 高調波に変換される。ミラー M4 では、第 2 高調波の紫外レーザ光 L2 のみが、容器 41、45 に設けられた出射口 40 の透明窓 35 を通して波長変換装置 5 の外部に出射される。すなわち、ミラー M4 には、第 2 高調波を透過し、それ以外の波長は反射するようコーティングが施されている。非線形光学結晶 30 で未変換のレーザ光 L3 は、ミラー M4 で反射されてミラー M1 に達し、ミラー M1 を通過したレーザ光 L1 と同じ光路を再び辿る。ここで、ミラー M2 を通過した一部の入射光は、図示しない検出手段にて、入射光の周波数と波長変換器の共振周波数の誤差を検出し、両者が常に共振状態になるように同調させるもので、図示して

いないサーボ機構（例えば圧電素子等）により、例えばミラーM3を高速に微動し、高精度で共振器長を制御するようになっている。このように高精度に共振器長が制御されることによって、ミラーM1～M4からなる高反射率を有する光学部材で光共振器が構成される。そして、容器41、42の内部に設けられた上記光共振器と非線形光学結晶30とにより、波長変換器50が構成される。

### 【0022】

そこで、波長変換装置5から出射された266nmの波長の紫外レーザ光L2には、可干渉性（コヒーレンスを有する）があり、被検査対象物1上の回路パターンをレーザ光で照明した場合、スペックルが発生する原因となる。従って、紫外レーザ光L2の照明では、コヒーレンスを低減する必要がある。コヒーレンスを低減するには、時間的あるいは空間的コヒーレンスのいずれかを低減させればよい。そこで、本発明では、コヒーレンス低減光学系7により、空間的コヒーレンスを低減するようにした。

### 【0023】

図3は、本発明に係るコヒーレンス低減光学系7を含む照明光学系の一実施例を示す模式図である。波長変換装置5の出射口40の透明窓35から出射されたレーザ光L2は、ビームエクスパンダ6で、ある大きさに拡大された平行光束となって、レンズ24の焦点位置に集光され、その後レンズ25、レンズ8、偏光ビームスプリッタ9を介して対物レンズ11の瞳上11aに集光される。ところで、レンズ24焦点位置28は、同時にレンズ25の焦点位置でもあり、焦点位置28は対物レンズ11の瞳11aの位置と共役になっている。コヒーレンス低減光学系7は、図4に示す如く、例えば、円形状の拡散板26を光路中の焦点位置28に配置し、モータ27によって高速に回転させるものである。すなわち、図5に示すように、レンズ24（およびレンズ25）の焦点位置に、表面が適度な粗さに加工された拡散板26を配置し、モータ27の回転によって、対物レンズ11の瞳11a上に集光されるレーザスポットを走査するようにして空間的コヒーレンスを低減させ、可干渉性を低減している。レーザ光は拡散板26で、ある程度広がるが、レンズ25はこれをカバーする開口数を持ったレンズを選定するものとし、拡散板26の詳細な仕様は実験により決定されるものとする。また

、コヒーレンス低減光学系7としては、以上述べた方法に限るものではなく、他の手段として、多面体回転ミラーや回転振動ミラー等を使うことも考えられる。

## 【0024】

ところで、照明に使用しているレーザ光源3は、固体レーザによる波長が532 nmの励起光L1を波長変換装置5の容器内に配置したミラーM1～M4や非線形光学結晶30を用いて2倍波とし、波長266 nmの紫外光を得るものであるが、前述したように、波長変換においては入射光の周波数と波長変換器50の共振周波数が常に共振状態になるように内部の光学系を同調させる必要があるなど、波長変換装置5の容器内部は非常にデリケートなものとなっている。中でも非線形光学結晶30には潮解性があり、湿気を嫌うものである。従って、紫外レーザ光を安定して得るために、光共振器内部に設置しているミラーM1～M4や非線形光学結晶30の表面を常にクリーンな状態で保持する必要がある。

また、波長変換装置5の容器の内部に設置された波長変換器50から一定の紫外レーザ光を出射させるために、非線形光学結晶30の温度を一定に保つための恒温装置（図示せず）が非線形光学結晶30を支持する微動機構45内に設置されている。

## 【0025】

ここで、波長変換装置5の容器41、45の内部を、クリーンな状態に保持できない場合には、紫外レーザ光が照射されることによって、化学反応が起こり、内部の光学素子表面へ付着、硬化して紫外レーザ光の出力強度の低下を招くこととなる。そこで、紫外レーザ光の出力強度が低下した場合には、波長変換装置5の容器内部のミラーなどの光学部材M1～M4の再調整やレーザ照射により非線形光学結晶30の表面が焼き付いたとして、結晶30へのレーザ照射位置を少しづつ変えることにより対処することが可能であるが、いずれも多大な労力と時間を要することになる。

## 【0026】

そこで、まず、本発明に係る波長変換装置5の第1の実施例について説明する。この第1の実施例としては、図6および図7に示す如く、光学部材M1～M4からなる光共振器と非線形光学結晶30とから構成される波長変換器50を容器

4 1により外気と遮断し、密閉した状態の構造とした。図7は蓋3 1を取り除いた状態を示している。すなわち、容器4 1に形成したレーザ光入射口3 9及び出射口4 0に、透明窓3 5を設けて例えばOリング3 6等を用いてシールドし、清浄化用の例えば不活性ガス貯蔵容器（図示せず）から容器4 1内への清浄化用の例えば不活性ガスの気体を供給するための先端にフィルタ3 7を設けた供給バルブ3 2、排気ポンプに接続されて容器4 1内の残留気体を排気するための排気バルブ3 3、および容器4 1内の気体の状態、特に不活性ガスが充満されたことを観察するための検出器3 4を設けた。このように、容器4 1内を清浄化する清浄化手段としては、例えば不活性ガス貯蔵容器（図示せず）に接続された先端にフィルタ3 7を設けた供給バルブ3 2と、排気ポンプに接続された排気バルブ3 3と、例えば不活性ガスが充満されたことを観察するための検出器3 4とによって構成される。このように構成することにより、波長変換装置5の容器内の光学系の調整が完了後、図6に示すように、蓋3 1を取り付け、排気バルブ3 3に図示していない排気ポンプを接続して容器4 1内の残留気体を排気する。次に、供給バルブ3 2から不活性ガスを供給する。検出器3 4は例えば気圧計であり、容器4 1内の気圧をモニタするものである。容器4 1内の気圧が1気圧になったときに不活性ガスの供給が完了する。不活性ガスとしては波長変換器5 0内のレーザ光と化学反応しないガスが好ましく、例えば窒素ガスやアルゴンガス等があげられる。また、供給バルブ3 2の先端には、フィルタ3 7が設けられており、これは不活性ガスを供給する際の流量制御と異物等の不純物の混入を防止する役目を奏する。

#### 【0027】

特に、排気ポンプ3 3に排気バルブ3 3を接続して容器4 1内の残留気体を排気し、次に不活性ガスを供給バルブ3 2から容器4 1内に供給して1気圧程度に充満した状態で、供給バルブ3 2および排気バルブ3 3を閉めて容器4 1を密封状態にしても良い。また、不活性ガスを供給バルブ3 2から容器4 1内に供給して1気圧程度に充満し、その後、レーザ光の揺らぎが生じない程度にして不活性ガスを微量流しつづけても良い。

## 【0028】

以上説明した第1の実施例によれば、容器41内への新たな異物の混入を防止することができ、その結果、光共振器内部に設置しているミラーM1～M4や結晶30の表面を常にクリーンな状態で保持することが可能となり、紫外レーザ光の出力強度の低下を招くことを防止することができる。

## 【0029】

次に、本発明に係る波長変換装置5の第2の実施例について説明する。この第2の実施例としては、図9に示す如く、波長変換器50を容器42とケーシング(容器)45との二重構造により外気と遮断し、密閉した状態の構造とした。この第2の実施例の場合、蓋31を閉めることによる波長変換器50への機械的な応力発生を防止することができる。即ち、外側のケーシング45には、入射口39及び出射口40に透明窓35を設けて例えばOリング36等を用いてシールドし、気体を供給、排出するための、バルブ32、33、容器内の気体の状態を観察するための検出器34を設けた。そして、波長変換器50を内蔵する容器42を、ケーシング(容器)45内に支持部材43で支持して二重構造で構成した。そして、内側の容器42には、入射口39の透明窓35を通して入射するレーザ光を入射させる入射口46および出射口40の透明窓35へ紫外レーザ光L2を出射する出射口47を形成し、容器42の内外を連通する吸気孔48および排気孔49並びに圧力孔51を形成している。特に、吸気孔48および排気孔49を小さくして多数穿設することによって、不活性ガスを微量流し続けても、容器42の外側とケーシング45の内側との間においてバッファーの役目を果たし、容器42内での不活性ガスの流れを殆どなくしてレーザ光の揺らぎをなくすことが可能となる。当然、排気ポンプ33に排気バルブ33を接続して容器42内も含めてケーシング45内の残留気体を排気し、次に不活性ガスを供給バルブ32からケーシング45内に供給して1気圧程度に充満した状態で、排気バルブ33および供給バルブ32を閉めてケーシング45を密封状態にしても良い。このように、波長変換装置5の第2の実施例によれば、波長変換器50への機械的な応力の発生を防止し、しかも、レーザ光と化学反応しない不活性ガス、例えば窒素ガスやアルゴンガス等で充満させるように供給することによって容器42内への新

たな異物の混入を防止することができ、その結果、光共振器内部に設置しているミラーM1～M4や結晶30の表面を常にクリーンな状態で保持することができるとなり、紫外レーザ光の出力強度の低下を招くことを防止することができる。

#### 【0030】

なお、第2の実施例は、波長変換器50を容器42とケーシング（容器）45との二重構造により外気と遮断し、密閉した状態の構造としたが、構造は多少複雑になるが、容器を三重構造で構成してもよい。このように容器を三重構造にすれば、不活性ガスを微量流しつづける場合でも、容器と容器の間にバッファーとなる間隙を形成することができるので、益々レーザ光の揺らぎをなくすことが可能となる。

#### 【0031】

次に、本発明に係る波長変換装置5の第3の実施例について説明する。この第3の実施例は、図8に示す如く第1の実施例における容器41の内壁に粘着材38を塗布して構成した。勿論、第3の実施例は、第2の実施例における容器42の内壁に粘着材38を塗布して構成しても良い。この第3の実施例によれば、容器41、42内に残留していた異物39が、不活性ガスを供給している時、風圧で舞い上がり内部の光学部品に付着するのを防止することができ、しかも、容器41、42内の気体を排気しているとき、粘着材38に接触した浮遊異物39をとらえ、半永久的に保持することができる。

#### 【0032】

次に、本発明に係る波長変換装置5の第4の実施例について説明する。この第4の実施例は、図10に示す如く、第3の実施例において、波長変換装置5の容器内部に複数の光センサS1～S6を配置し、該複数の光センサS1～S6により容器41、42内で発生する汚染物からの散乱光を検出し、容器内の汚染度、即ち汚染状態を検知することにより光学部材M1～M4や非線形光学素子30の汚染状態を監視できるようにしたものである。即ち、複数の光センサS1～S6は、容器41、42内で発生する汚染物からの散乱光を検出する光学的な汚染物検出手段を構成する。汚染物は通常有機物につき、光センサS1～S6は、有機物から発生する蛍光散乱光を検出することになる。そして、複数の光センサS1

～S 6 の各々は、図示していないが、集光レンズと光電変換素子から成っており、例えばミラーM 1～M 4 の表面および非線形光学結晶3 0 の表面の汚染状態を検出する。光電変換素子は受光量に応じて起電力を発生するので、これに閾値を設け、閾値を超えた場合はミラーM 1～M 4 の表面および非線形光学結晶3 0 の表面が汚染されていると判断する。例えば、光センサS 2 から出力信号があればミラーM 2 の表面に汚染物4 0 が付着したことがわかる。レーザ光の波長は既知なので、光センサS 1～S 6 として特定の波長帯域のみに感度が高い光センサを用いることで、外乱光の影響を防止でき、検出閾値を低く設定できるので、ミラーM 1～M 4 および結晶3 0 の表面のわずかな汚染物も高感度で検出できる。もし、図1に示す欠陥検査装置において、波長変換装置5 から出射される紫外レーザ光L 2 の出力強度を、照明光路から分岐して設けられた光電変換器等から構成される検出手段（図示せず）でモニタした結果、その出力強度の低下が見受けられたならば、その要因は光センサS 1～S 6 の何れかで検出される対象の光学部材M 1～M 4 、3 0 の表面が汚染物で汚染されたためと判断し、その光学部材の表面をクリーニングするか、汚染されていない光学部材に交換することになる。なお、波長変換装置5 から出射される紫外レーザ光L 2 をモニタする方法として、ビームエクスパンダ6 またはコヒーレンス低減光学系7 の出力をモニタしてもよい。当然、ビームエクスパンダ6 またはコヒーレンス低減光学系7 の出力をモニタする場合には、この光学系6 または7 の汚染による出力強度の低下も含まれることになる。

### 【0033】

また、光センサS 1～S 6 から汚染に基づく出力信号がなく、上記の如く検出手段（図示せず）でモニタすることによって波長変換装置5 から出射される紫外レーザ光L 2 の出力強度が低下した場合には、非線形光学結晶3 0 に原因があると考えられる。この場合、レーザ照射で結晶3 0 の内部が焼き付けられた可能性が高いので、微動調整機構4 5 によって、非線形光学結晶3 0 をYZ方向に移動し、紫外レーザ光L 2 の出力強度が上昇するように調整される。勿論、本第4の実施例は、図9に示す第2の実施例に適用することは可能である。

以上説明したように、波長変換装置内の汚染状態をモニタすることにより、波

長変換装置のメンテナンスの要否の判断を容易に、且つ適切にすることができる、その結果、理由なく波長変換装置内の光学系調整に余計な時間を費やすことをなくすことができる。

#### 【0034】

以上説明した本発明に係る実施の形態によれば、紫外レーザ光の光出力を低下させることなく、長寿命のレーザ光源、即ち、波長変換器の寿命を延ばし長期に渡って安定紫外レーザ光の発振を得ることができ、その結果、被検査対象物1上に形成された微細パターンを高解像度に検出し、該微細パターンに発生する欠陥を高信頼度で検査することができる。

#### 【0035】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、波長変換装置において、非線形光学素子から発生する熱に大きく影響を受けることなく、構造を簡単にして非線形光学素子を含めて光共振器全体に対する汚染物の付着を防止して入射されたレーザ光を効率よく波長変換し、紫外レーザ光の出力強度を低下させることなく、長寿命化を図った紫外レーザ光発生装置を実現することができる効果を奏する。

また、本発明によれば、波長変換装置において紫外レーザ光の出力強度の低下が生じた場合に、その要因を容易に究明してメンテナンスの要否の判断も含めてメンテナンスを容易にすることができる効果を奏する。

また、本発明によれば、紫外レーザ光による安定した強度の照明によって半導体ウェハ等の被検査対象物上に形成された微細被検査パターンを高解像度に検出して微細被検査パターン上の欠陥を高信頼度で検査することができる効果を奏する。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明に係る欠陥検査装置の一実施例を示す構成図である。

##### 【図2】

本発明に係る紫外レーザ光発生装置の概略構成を示す図である。

【図3】

図1に示すコヒーレンス低減光学系を含む照明光学系の一実施例を示す模式図である。

【図4】

コヒーレンス低減光学系の一実施例を示す斜視図である。

【図5】

図4の正面図である。

【図6】

本発明に係る波長変換装置の外観を示す斜視図である。

【図7】

本発明に係る波長変換装置の第1の実施例を示す断面図である。

【図8】

本発明に係る波長変換装置の第3の実施例を示す断面図である。

【図9】

本発明に係る波長変換装置の第2の実施例を示す断面図である。

【図10】

本発明に係る波長変換装置の第4の実施例を示す断面図である。

【符号の説明】

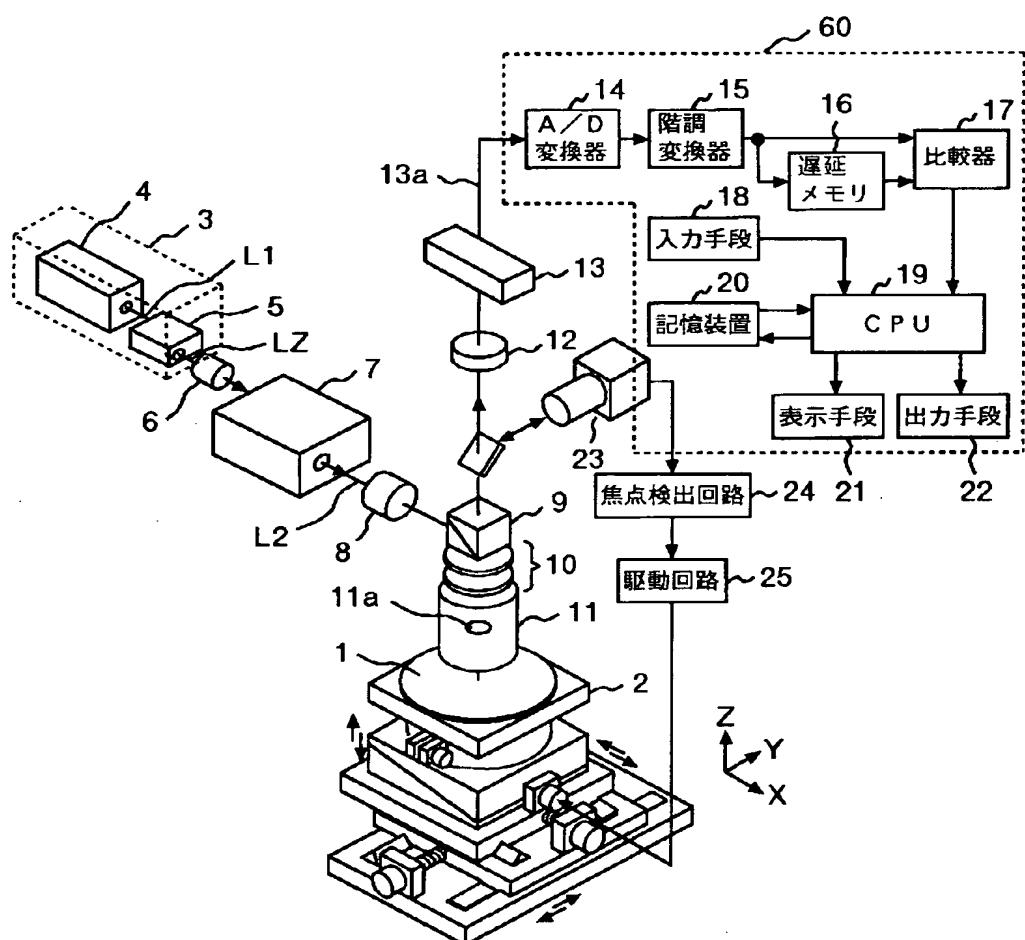
1…被検査対象物（試料）、2…ステージ、3…紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）、4…固体レーザ装置（レーザ励起光源）、5…波長変換装置、6…ビームエキスパンダ、7…コヒーレンス低減光学系、9…偏光ビームスプリッタ、10…偏光素子群、11…対物レンズ、12…結像レンズ、13…イメージセンサ（光電変換器）、14…A／D変換器、15…階調変換器、16…遅延メモリ、17…比較器、19…CPU、23…焦点検出光学系、24、25…レンズ、26…拡散板、30…非線形光学素子（非線形光学結晶）、32…供給バルブ、33…排気バルブ、34…検出器、35…透明窓、36…Oリング、37…フィルタ、39…入射口、40…出射口、41、42…容器、45…ケーシング（容器）、46…入射口、47…出射口、48…吸気孔、49…排気孔、50…波長変換器、51…圧力孔、60…信号処理回路、M1～M4…光共振器を構成

するミラー。

【書類名】 図面

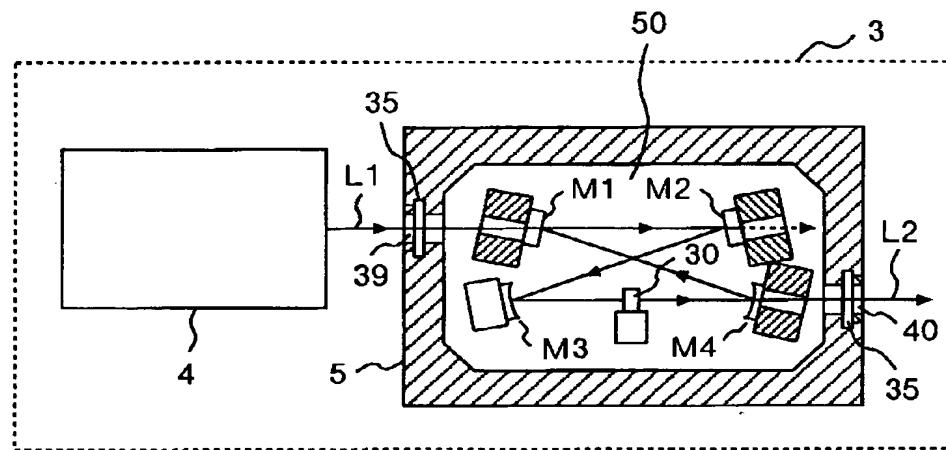
【図1】

図 1



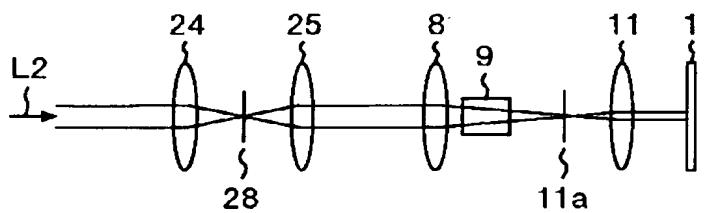
【図2】

図 2



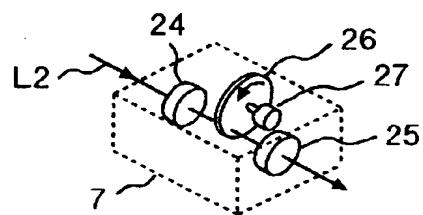
【図3】

図 3



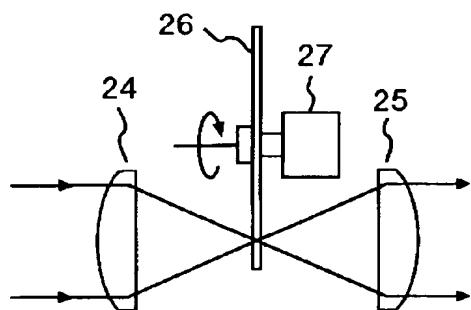
【図4】

図 4



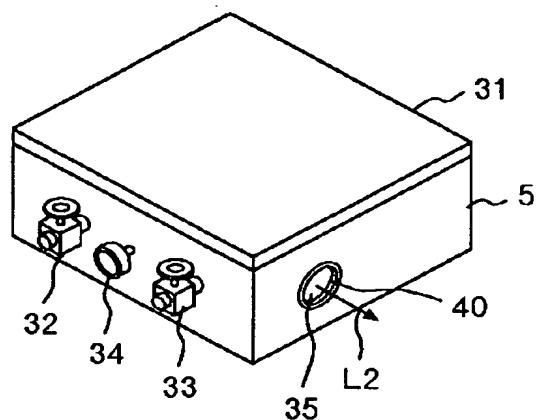
【図5】

図 5



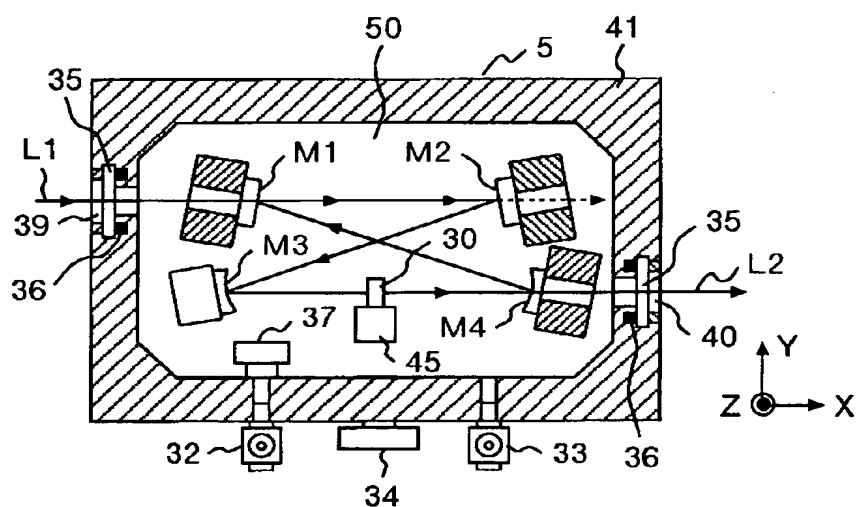
【図6】

図 6



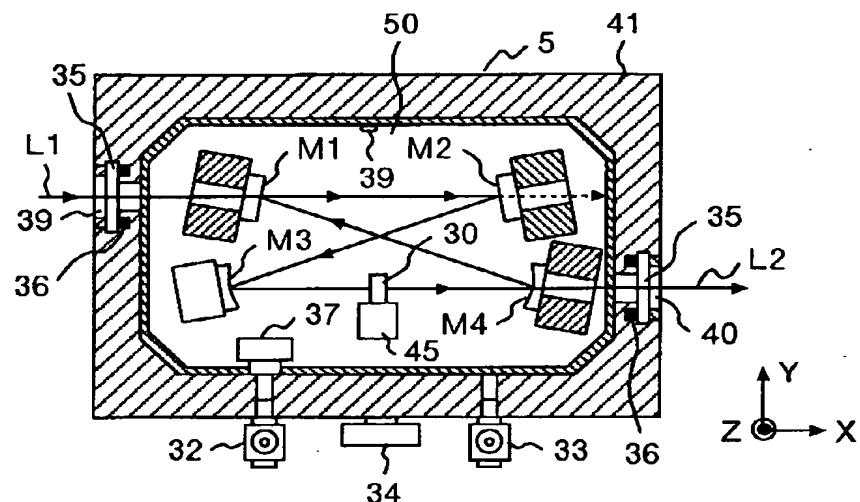
【図7】

図 7



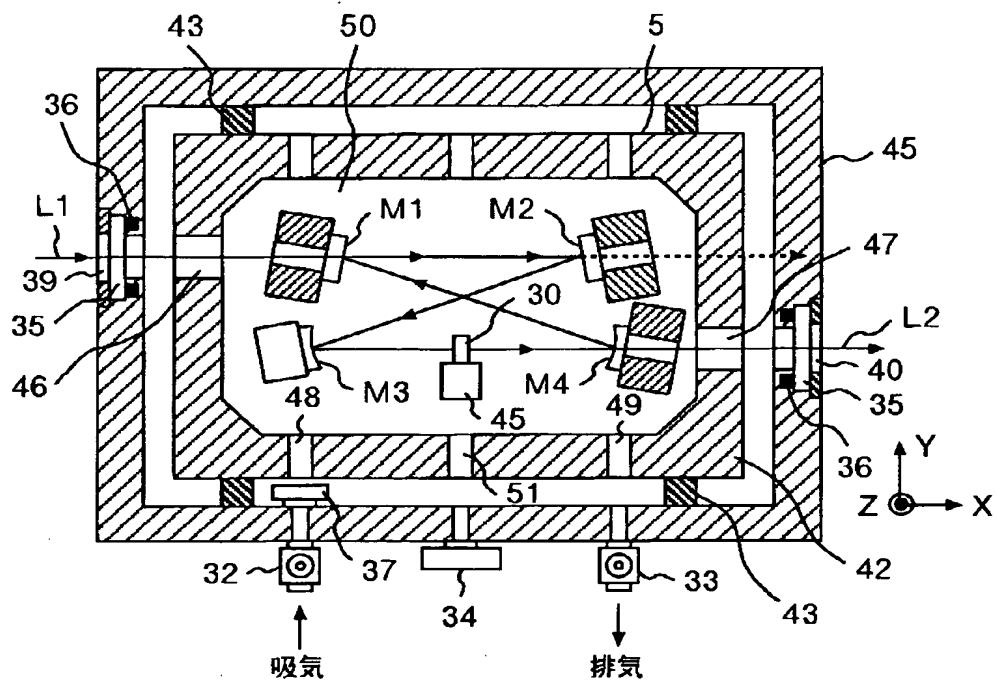
【図8】

図 8



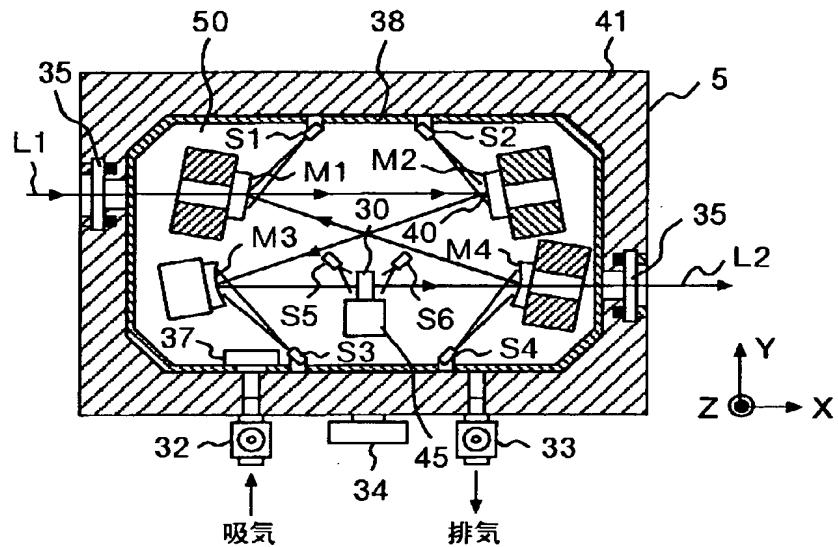
【図9】

図 9



【図10】

図 10



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

照明光源として用いる紫外レーザ光発生装置を構成する波長変換装置の寿命延長と長期信頼性を確保し、被検査対象物に形成された微細被検査パターン上の微細な欠陥を高解像度で検出する欠陥検査装置およびその方法を提供する。

【解決手段】

紫外レーザ光を発生するための波長変換装置を容器により密閉構造として内部への汚染物の進入を防止すると共に、粘着材により内部の浮遊汚染物を保持し、かつ、波長変換装置の容器の内部に不活性ガスを充満させて内部の汚染物の酸化を防止させることにより、波長変換装置の寿命延長と長期信頼性を確保するようにした。

【選択図】 図10

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所